

Procesamiento de Señales Vibro-Acústicas. Análisis de Casos de Estudio, Modelación, Prototipado y Experimentación

Guillermo Friedrich, Pablo Giron, Guillermo Reggiani, Adrián Azurro, Ricardo Coppo, Martin Sequeira, Patricia Baldini, Héctor Bambill, Ezequiel Cerda, Lorena Cofre y Gabriela Velasquez

Grupo de I+D en Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Grupo SiTIC)

Grupo de Análisis de Sistemas Mecánicos (Grupo GASM)

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Bahía Blanca –

Departamento de Ingeniería Electrónica

11 de Abril 461 (8000) Bahía Blanca

{gfried, pgiron, ghreggiani, azzurro, rcoppo, martins, pnbaldi, hbambill}@frbb.utn.edu.ar, cerdaezequiel17,cofrelorena}@gmail.com, gabrielavelasquez2112@hotmail.com

RESUMEN

Los niveles excesivos de ruido y vibraciones presentan una gran variedad de efectos nocivos para el hombre y su entorno. Podría decirse, en forma general, que hay confort auditivo hasta los 65 dBA; niveles superiores presentan molestia e incluso, en función de las dosis de tiempo, pueden causar daño auditivo. El Control Activo de Ruido y/o Vibraciones (CAR/V) es la transformación favorable del campo vibro-acústico empleando medios electrónicos, sensores y actuadores. El trabajo a desarrollar incluye una profundización en el conocimiento del estado del arte y las tecnologías vinculadas al tema, mediante el relevamiento y estudio de bibliografía y publicaciones. En base al relevamiento preliminar efectuado en empresas del polo petroquímico de Bahía Blanca se han detectado algunos casos de estudio para los que sería de interés poder desarrollar soluciones innovadoras a fin de mitigar el ruido y sus consecuencias. Una parte del trabajo a realizar comprende tareas de análisis y simulación basadas en el uso de herramientas de software. Complementando al trabajo de análisis y simulación, se pretende también avanzar en el desarrollo de prototipos experimentales, que involucren hardware y su software asociado, con la finalidad de ensayar y evaluar no sólo la parte algorítmica sino también la eficacia de distintos dispositivos sensores y actuadores.

Palabras Clave: control activo de ruido; procesamiento digital de señales; tiempo real

CONTEXTO

La línea de investigación presentada se encuentra en ejecución en el marco del proyecto titulado: “*Procesamiento de Señales Vibro-Acústicas. Análisis de Casos de Estudio, Modelación, Prototipado y Experimentación*”. El mismo es financiado por la Universidad Tecnológica Nacional, está incorporado al Programa de Incentivos y su ámbito de realización es el Grupo SiTIC (Grupo de I+D en Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) y GASM (Grupo de Análisis de Sistemas Mecánicos), de la UTN - Facultad Regional Bahía Blanca.

1. INTRODUCCION

Los niveles excesivos de ruido y vibraciones presentan una gran variedad de efectos nocivos para el hombre y su entorno. Podría decirse, en forma general, que hay confort auditivo hasta los 65 dBA; niveles superiores presentan molestia e incluso, en función de las dosis de tiempo, pueden causar daño auditivo.

Otro aspecto a destacar es la interferencia en la comunicación, lo que lleva a las personas a elevar la voz forzando sus cuerdas vocales [1]. Por otro lado, existe un gran número de efectos no auditivos del ruido, entre los cuales se hallan la hipertensión arterial pasajera, las cefaleas, el nerviosismo y estrés, la reducción del rendimiento físico y la pérdida de concentración y atención.

En particular, en determinados sectores de ciertas plantas industriales es frecuente encontrar niveles muy elevados de ruido, que obliga a reforzar las protecciones auditivas y limitar los tiempos de exposición, a fin de evitar la aparición de daños auditivos en los operarios. Para mitigar estos problemas se recurre a técnicas de control, que comprenden "el conjunto de medidas técnicas o estratégicas para corregir una situación en la cual el ruido sea o pueda ser un problema" [2].

La definición anterior puede generalizarse para incluir a las vibraciones y señales acústicas en general. Dentro del espectro de medidas técnicas de control se encuentran el control pasivo y el control activo. El control pasivo está compuesto por todas aquellas acciones que se orientan a la disminución de la contaminación vibro-acústica sin realizar modificaciones esenciales en las fuentes que la producen (barreras acústicas, encapsulamientos con materiales aislantes y absorbentes, silenciadores, montajes antivibratorios, etc.).

El Control Activo de Ruido y/o Vibraciones (CAR/V), a diferencia, es la transformación favorable del campo vibro-acústico empleando medios electrónicos, sensores y actuadores. El CAR/V surge como una técnica complementaria al control pasivo en el rango de las frecuencias bajas. Consiste en la generación de una interferencia destructiva entre el campo primario y otro secundario, en contrafase, generado electrónicamente.

Haciendo mención al caso del ruido, se cancela el ruido primario indeseado según el principio de superposición, mediante un ruido secundario o antiruido, que posee igual amplitud y fase opuesta al primario. Al sumarse ambas señales se obtiene la cancelación deseada. La idea del Control Activo de Ruido como interferencia destructiva, fue planteada por Lueg [3] en 1933, aunque su aplicación se postergó varios años debido a las limitaciones de las tecnologías existentes entonces. En el rango de frecuencias bajas es prácticamente inviable el uso de técnicas pasivas, lo que hace atractivo el estudio y experimentación de técnicas activas. Por otra parte, no existen antecedentes a nivel local y regional con respecto a la aplicación de este tipo de técnicas.

Teniendo en cuenta lo anterior, el principal objetivo del presente proyecto es estudiar la aplicabilidad de técnicas de control activo para solucionar problemas de ruido en plantas industriales. En tal sentido se propone trabajar a partir de casos de estudio que sean de interés en el ámbito local y/o regional, con la finalidad

última de obtener resultados de aplicación práctica. El trabajo a desarrollar incluye una profundización en el conocimiento del estado del arte y las tecnologías vinculadas al tema, mediante el relevamiento y estudio de bibliografía y publicaciones. En base al relevamiento preliminar efectuado en empresas del polo petroquímico de Bahía Blanca se han detectado algunos casos de estudio para los que sería de interés poder desarrollar soluciones innovadoras a fin de mitigar el ruido y sus consecuencias.

Una parte del trabajo a realizar comprende tareas de análisis y simulación basadas en el uso de herramientas de software. El grupo de trabajo dispone actualmente de distintos paquetes comerciales como Matlab, Soundplan y Labview. Sin embargo, se efectuará un relevamiento y ensayo de otras herramientas, a fin de evaluar su conveniencia de utilización. Las herramientas mencionadas serán utilizadas para evaluar y comparar distintas técnicas y algoritmos asociados al control activo de ruido. Eventualmente podrían desarrollarse herramientas de software adhoc, en función de necesidades particulares que surjan durante la ejecución del proyecto.

Complementando al trabajo de análisis y simulación, se pretende también avanzar en el desarrollo de prototipos experimentales, que involucren hardware y su software asociado, con la finalidad de ensayar y evaluar no sólo la parte algorítmica sino también la eficacia de distintos dispositivos sensores y actuadores.

2. LINEAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Los integrantes del grupo de trabajo presentan diferentes trayectorias y experiencias, que contribuyen a los objetivos del Proyecto desde distintas vertientes en las cuales se puede mencionar:

Se trabajó sobre aspectos relacionados con el diagnóstico y control de la contaminación sonora en ambientes urbanos e industriales.

Se contribuyó a la caracterización objetiva del ruido en la ciudad de Bahía Blanca para que, de esta manera, se generen conocimientos relacionados aplicables a otras ciudades argentinas de características similares.

Se aplicaron metodologías de medición de ruido urbano e industrial coherentes con las normas de medición de fuentes fijas y móviles, y con el objetivo de ser aplicados para determinar el grado de contaminación sonora de un ambiente urbano o industrial y también para el desarrollo de modelos predictivos.

En este sentido, se generaron una serie de herramientas computacionales para la evaluación del impacto ambiental de ruido a fin de utilizarse como ayuda a procesos de planificación urbana.

De esta manera, se generaron algunos criterios preliminares para mitigar la contaminación sonora en dicha ciudad.

En la línea de ruido industrial se trabajó en el desarrollo de modelos teóricos y computacionales orientado a los problemas acústicos en recintos industriales [4], [5]. [6], [7]. [8].

Se ha trabajado en la temática de análisis de señales y control [9], [10]. [11], [12]. [13].

Se ha trabajado en la temática de redes, especialmente inalámbricas, con orientación a su aplicación en entornos con restricciones temporales. También se cuenta con experiencia en el diseño y desarrollo de hardware y software de sistemas embebidos, incluyendo aplicaciones al procesamiento digital de señales [14], [15]. [16], [17]. [18].

3. RESULTADOS ESPERADOS

Los objetivos del proyecto son:

Objetivos generales:

- Estudiar la aplicabilidad de técnicas de control activo para solucionar problemas de ruido en plantas industriales.

- Consolidar un grupo interdisciplinario de docentes-investigadores.

Objetivos específicos:

- Releva y caracterizar las fuentes de ruido y su entorno para los casos seleccionados.

- Evaluar distintas técnicas de control activo de ruido, con énfasis en su aplicación en ámbitos industriales.

- Desarrollar prototipos basados en técnicas de control activo de ruido para la realización de ensayos experimentales en laboratorio y en campo.

- Comparar eficacia entre soluciones pasivas y activas para cada caso seleccionado.

- Transferir conocimientos y resultados al medio socio-productivo. Se pretende obtener resultados que sean aplicables a problemas existentes en el ámbito industrial (compresores, soplantes, conductos, chimeneas, salas y cabinas de operadores, etc.) sobre fuentes sonoras para las que los métodos pasivos de control por sí solos son ineficaces y necesitan el complemento de técnicas activas.

En base al relevamiento preliminar efectuado en empresas del polo petroquímico de Bahía Blanca se han detectado algunos casos de

estudio para los que sería de interés poder desarrollar soluciones innovadoras para mitigar el ruido y sus consecuencias.

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En el presente proyecto se cuenta con la participación de dos becarios graduados y un becario alumno. También participó durante dos meses un becario alumno extranjero y se tiene prevista la participación de otro.

Otro impacto previsto en la formación de Recursos Humanos, está relacionada con la transferencia que se pueda realizar a los alumnos de las cátedras a cargo de los integrantes del proyecto. En este sentido, es de destacar que el enfoque interdisciplinario y la orientación a problemas del medio socio-productivo que se pretende para el Proyecto, representan un valor agregado a transferir a las aulas.

También es de esperar que otro resultado del proyecto sea la concreción de un curso / seminario de posgrado, que pueda ser ofrecido en las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental, que se dicta en esta Facultad Regional. Finalmente, se espera transferir algunos resultados al medio socio-productivo, mediante cursos / seminarios de capacitación y/o divulgación.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Miyara F., 2004. Acústica y Sistemas de Sonido. UNR Editora, Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.
- [2] Miyara F., 1999. Control de Ruido. UNR Editora, Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.
- [3] Lueg, P., 1936. Process of silencing sound oscillations, U.S Patent 2,043,416, June 9, 1936.
- [4] Estudio de Caracterización Sonora Objetiva de la Zona Industrial de Ingeniero White con particular énfasis en el Barrio 26 de Septiembre. Realizado para el Comité Técnico Ejecutivo de la Municipalidad de Bahía Blanca durante los meses de diciembre de 2003 a julio de 2004. Co-autores: Dr. Víctor Cortínez, Ing. Adrián Azzurro, Ing. Mariano Tonini, Sr. Martín Sequeira, etc.
- [5] Convenio de colaboración conjunta entre el Centro de Investigación de Mecánica Teórica y Aplicada (CIMTA) de la UTN-FRBB y el Comité Técnico Ejecutivo de la Municipalidad de Bahía Blanca, sobre el

- monitoreo y control de la contaminación acústica en Bahía Blanca e Ingeniero White. Desde 2009 hasta 2011.
- [6] Proyecto Vale-Rio Colorado, mediciones de ruido y vibraciones en la planta a instalarse en la localidad de Ing. White, perteneciente a la empresa Vale. Desde agosto de 2011 hasta marzo de 2013.
- [8] Estudio de impacto acústico ambiental en los alrededores de la planta de Profertil (Bahía Blanca), generada por la ampliación de su capacidad productiva. Estudio de Impacto Ambiental realizado conjuntamente con la empresa Bahitek S.R.L. Mayo de 2013.
- [9] Introducción Temprana de Conceptos de Control Robusto: Experiencia Práctica y CAD". P. Baldini, G. Calandrini, P. Doñate y H. Bambill. Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje. IEEE-RITA (en prensa)
- [10] Medición de Vibraciones Mecánicas Mediante el uso de Acelerómetros MEMS. Damián Banfi, Guillermo Friedrich, Miguel Angel Banchieri, Patricia Baldini. VI Congreso de Microelectrónica Aplicada (uEA). La Matanza. Mayo 2015.
- [11] Experiencias de Laboratorio de Bajo Costo para el Aprendizaje de Sistemas de Control Embebido en Tiempo Real. Patricia Baldini, Guillermo Calandrini, Néstor Campos y Matías Frusto. XX Congreso Argentina de Ciencias de la Computación. XII WTIAE. 20 al 24 de octubre de 2014. La Matanza. Bs As. (ISBN 978-987-3806-05-6).
- [12] Controlador PID Diseñado bajo Control Robusto QFT implementado sobre Cortex M-4, Néstor Campos, Matías Frusto y Patricia Baldini. V Congreso de Microelectrónica Aplicada, Córdoba, Mayo de 2014 (ISBN 978-987-34680-5-2).
- [13] Metodologías para Loopshaping Automático en QFT, Pedro Doñate, Patricia Baldini, Guillermo Calandrini y Héctor Bambill. XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC), Ushuaia, Mayo de 2014. (ISBN: 978-950-34-1084-4)
- [14] Guillermo Friedrich, Guillermo H. Reggiani, Lorena Cofré, Gabriela Velásquez y Walter Moreno, "Determinación de la zona óptima de trabajo de una red ZigBee", en VI Congreso de Microelectrónica Aplicada (uEA 2015), organizado por la Red Universitaria de Ingeniería Electrónica, y realizado en la Universidad Nacional de La Matanza, Argentina, del 27 al 29 de mayo de 2015.
- [15] Néstor Daniel Campos, Matías Guillermo Álvarez, Matías Frusto, Guillermo Friedrich y Adrián Laiuppa, "Experiencias sobre sistemas de control utilizando plataforma didáctica", en VI Congreso de Microelectrónica Aplicada (uEA 2015), organizado por la Red Universitaria de Ingeniería Electrónica, y realizado en la Universidad Nacional de La Matanza, Argentina, del 27 al 29 de mayo de 2015.
- [16] Damián Banfi, Guillermo Friedrich, Miguel Angel Banchieri y Patricia Baldini, "Medición de vibraciones mecánicas mediante el uso de acelerómetros MEMS", en VI Congreso de Microelectrónica Aplicada (uEA 2015), organizado por la Red Universitaria de Ingeniería Electrónica, y realizado en la Universidad Nacional de La Matanza, Argentina, del 27 al 29 de mayo de 2015.
- [17] Guillermo Friedrich, Guillermo Reggiani y Sergio Pellegrino, "Análisis para la selección de parámetros adecuados para una red inalámbrica en tiempo real", en XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2014), IX Workshop de Arquitecturas, Redes y Sistemas Operativos (WARSO) 2014. Universidad Nacional de La Matanza, La Matanza, Argentina, 20 al 24 de octubre de 2014.
- [18] Guillermo Friedrich, Guillermo Reggiani, Ricardo Cayssials, Sergio Pellegrino, Gabriela Velásquez, Lorena Cofré y Walter Moreno, "Hacia una propuesta para la selección de parámetros adecuados para una red inalámbrica con restricciones temporales", en 43° Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO), 15th Argentine Symposium on Technology (AST 2014). Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina, del 1 al 5 de septiembre de 2014.